

(19) 대한민국특허청 (KR)
(12) 공개특허공보 (A)

(51) . Int. Cl. 7
G03B 21/20

(11) 공개번호 특2003-0013931
(43) 공개일자 2003년02월15일

(21) 출원번호 10-2001-0048218
(22) 출원일자 2001년08월10일

(71) 출원인 엘지전자 주식회사
서울특별시 영등포구 여의도동 20번지 LG트윈타워

(72) 발명자 박태수
서울특별시 송파구 방이동 코오롱아파트 105동 1007호
엄기태
경기도 군포시 산본동 1119-4 백두동성아파트 952-705

(74) 대리인 김영호

심사청구 : 있음

(54) 광량 균일화 및 색분리 겸용 광학소자를 이용한 프로젝터의 조명 광학계

요약

본 발명은 광량 균일화 및 색분리 기능을 동시에 수행할 수 있는 광학소자와 그를 이용하여 광학계의 부피를 줄일 수 있는 프로젝터의 조명 광학계에 관한 것이다.

본 발명의 광량 균일화 및 색분리 겸용 광학소자는 로드 형태를 가지며 입사광을 자신의 내부 경계면에서 반복적으로 전 반사되어 진행되게 함으로써 광분포가 균일해지게 함과 동시에 입사광을 파장대역에 따라 색분리하고, 색분리된 광이 중첩되지 않는 서로 다른 경로로 출사되게 한다.

대표도

도 2

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 종래의 3개의 회전프리즘을 이용한 단판식 프로젝터의 조명 광학계 구성을 나타낸 도면.

도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 광량 균일화 및 색분리 겸용 광학소자를 이용한 단판식 프로젝터의 조명 광학계 구성을 나타낸 도면.

도 3 및 도 4는 도 2에 도시된 디스플레이 소자에서의 칼러 스크롤 방법을 설명하기 위한 도면.

도 5는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 광량 균일화 및 색분리 겸용 광학소자를 이용한 단판식 프로젝터의 조명 광학계 구성을 나타낸 도면.

도 6은 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 단판식 프로젝터의 조명 광학계 중 광량 균일화 및 색분리 광학소자의 구성을 나타낸 도면.

< 도면의 주요부분에 대한 부호의 간단한 설명 >

2, 52 : 광원 4, 6: 제1 플라이아이렌즈

8 : 편광분리(PBS) 어레이 10, 14, 20, 30, 36, 38, 46 : 콘덴싱렌

12, 24, 32, 44 : 다이크로익 미러

16, 40 : 전반사미러 18, 26, 28, 72 : 회전프리즘

34, 44, 74, 80 : 릴레이렌즈 48 : 편광판

50 : 편광분리(PBS) 프리즘 50A : 편광분리면

52, 78 : 디스플레이 소자 51, 81, 101 : 직육면체형 로드렌즈

54, 82, 100 : 균일화 및 색분리 로드렌즈

56, 58, 84A, 84B, 102, 104 : 다이크로익 코팅면

60, 86A, 88A, 106 : 전반사코팅면

62, 86, 88, 108 : 삼각프리즘

53, 55, 57, 83, 85, 87, 103, 105 : 출사면

64, 66, 68, 90, 92, 94 : 칼라필터

70 : 아나모픽 광학계 84 : 정육면체 프리즘

76 : 전부내부반사(TIR) 프리즘 76A : TIR면

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 프로젝션 시스템의 조명 광학계에 관한 것으로, 특히 광량균일화 및 색분리 기능을 동시에 수행할 수 있는 광학소자에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 상기 광량 균일화 및 색분리 겸용 광학소자를 이용하여 광학계의 부피를 줄일 수 있는 조명 광학계에 관한 것이다.

최근 들어, 화면크기에 제한이 있고 시스템의 크기가 큰 음극선관 디스플레이를 대체하여 두께가 상대적으로 얇으면서 대화면을 구현할 수 있는 평판 디스플레이로서, 소화면 화상을 대형 스크린에 확대투사시키는 프로젝터의 보급이 급속히 증가하고 있다. 프로젝터는 소화면 화상을 구현하는 디스플레이 소자로서 음극선관, LCD(Liquid Crystal Display), 또는 DMD(Digital Micromirror Device)를 채용하고 있으나, 박형화 추세에 대응하여 LCD 또는 DMD가 주로 사용된다. LCD는 외부에서 주어지는 전기적인 변화에 따라 액정의 배열상태가 변하게 되고, 액정의 배열상태에 따라 광의 투과량이 제어되게 함으로써 화상을 구현한다. DMD는 외부에서 주어지는 전기적인 변화에 따라 마이크로미러의 경사각을 +10도에서 -10도 사이에서 변화시켜 광의 반사각이 2가지 모드를 가지게 하여 화상을 구현한다.

프로젝터는 고휘도화 및 소형 경량화를 기본축으로 발전하고 있다. 프로젝터는 광원으로 사용되는 램프가 작은 발광 크기를 갖게 하거나, 광량 균일화를 위한 플라이아이렌즈들(Fly eye lens)과 광원으로부터 발생한 광을 하나의 선편광으로 변환하는 편광 변환소자 등을 채용하여 광효율이 향상되게 함으로써 밝은 환경하에서도 선명한 화면을 볼 수 없는 문제점을 많이 극복할 수 있도록 개선되어지고 있다. 또한, 프로젝터는 소형 경량화를 위하여 3개의 디스플레이 소자를 이용하여 칼라를 구현하는 삼판식에서 1개의 디스플레이 소자를 이용하여 칼라를 구현하는 단판식으로 발전하고 있다.

1매의 디스플레이 소자를 채용하는 단판식 프로젝터는 칼라구현을 위하여 칼라필터를 이용하는 방법, 삼원색을 순차적으로 디스플레이 소자에 보내주는 방법, 삼원색을 분리하여 스크롤링하는 방법 등을 이용하고 있다. 이들 중에서 삼원색을 분리하여 스크롤링하는 방법으로는 도 1에 도시된 바와 같이 색분리를 위한 다이크로익미러(Dichroic Mirror)들과 분리된 색광의 진행방향을 변환시켜 스크롤링되게 하는 3개의 회전프리즘을 이용한 조명 광학계가 대표적이다.

도 3에 도시된 프로젝터의 조명 광학계는 광원(2)과 디스플레이 소자(52) 사이의 광경로 상에 배치된 제1 및 제2 플라이아이렌즈(Fly Eye Lens)(4, 6) 및 편광분리(Polarizing Beam Splitter :이하, PBS라고 한다) 어레이(8)와, 색분리를 위한 제1 내지 제4 다이크로익미러(12, 24, 32, 44)와, 입사광을 전반사시키는 제1 및 제2 전반사미러(16, 40)와, 회전각에 따라 광경로를 변화시키는 제1 내지 제3 회전 프리즘(18, 26, 28)과, 광집속을 위한 제1 내지 제7 콘덴싱렌즈(10, 14, 20, 30, 36, 38, 46)와, 결상점 릴레이를 위한 제1 및 제2 릴레이렌즈(34, 42)와, PBS 프리즘(50)을 구비한다.

제1 및 제2 플라이아이렌즈(4, 6)는 광원(2)에서 출사된 백색광을 마이크로 렌즈셀 단위로 분할하여 PBS 어레이(20)로 출사시킴으로써 광분포가 균일해지게 한다. PBS 어레이(8)는 입사광을 어느 하나의 광축을 가지는 선편광, 즉 P편광과 S편광으로 분리하고 S파는 그대로 출사되게 하고, P파는 PBS 어레이(8)의 배면에 부분적으로 부착된 1/2파장판(도시하지 않음)에 의해 S파로 변환되어 출사되게 하여 편광상태가 일정하게 한다. 제1 콘덴싱렌즈(10)는 PBS 어레이(8)의 출사광을 제1 다이크로익미러(12)로 집속시킨다.

제1 다이크로익 미러(12)는 청색반사, 녹색 및 적색 투과 코팅으로 입사광 중 청색광은 반사시키고 녹색 및 적색광을 투과시킨다. 제1 전반사미러(16)는 제1 다이크로익미러(12)에서 반사되어 제2 콘덴싱렌즈(14)를 통해 입사되는 청색광을 제1 회전프리즘(18)으로 전반사시킨다. 제2 다이크로익미러(24)는 녹색반사, 적색투과 코팅으로 제1 다이크로익미러(24)를 투과하여 제3 콘덴싱렌즈(20)를 경유한 입사광 중 녹색광을 반사시켜 제2 회전프리즘(26)으로 진행되게 하고, 적색광을 투과시켜 제3 회전프리즘(28)으로 진행되게 한다.

제1 내지 제3 회전프리즘(18, 26, 28) 각각은 그의 회전각도에 따라 청, 녹, 적색광의 진행방향을 달라지게 한다. 다시 말하여, 제1 내지 제3 회전프리즘(18, 26, 28) 각각은 독립적으로 회전하면서 자신의 회전각도에 따라 디스플레이 소자(52)에 결상되는 청, 녹, 적색광의 결상위치가 달라지게 하고, 3색광의 결상위치가 순차적으로 스크롤링되게 한다.

제1 회전프리즘(18)을 투과한 청색광은 제4 콘덴싱렌즈(30), 제3 다이크로익미러(32), 제1 릴레이렌즈(34)를 경유하여 제4 다이크로익미러(44)에 입사된다. 제2 회전프리즘(26)을 투과한 녹색광은 제5 콘덴싱렌즈(36), 제3 다이크로익미러(32), 제1 릴레이렌즈(34)를 경유하여 제5 다이크로익미러(44)로 입사된다. 제3 회전프리즘(28)을 투과한 적색광은 제6 콘덴싱렌즈(38), 제2 전반사미러(40), 제2 릴레이렌즈(42)를 경유하여 제4 다이크로익미러(44)로 입사된다.

제3 다이크로익미러(32)는 적색반사, 청색투과 코팅으로 제1 회전프리즘(18)으로부터의 청색광을 투과시키고, 제2 회전프리즘(26)으로부터의 녹색광을 전반사시킨다. 제4 다이크로익미러(44)는 입사되는 청색광 및 녹색광을 반사시킨다. 제4 다이크로익미러(44)는 입사되는 청색광 및 녹색광 각각을 S편광성분을 가지고 제7 콘덴싱렌즈(46), 편광판(48)을 경유하여 PBS 프리즘(50)으로 입사된다.

편광판(48)으로부터 PBS 프리즘(50)으로 입사된 S편광은 편광분리면(50A)에서 반사되어 디스플레이 소자(52)로 입사된다. 이 경우, 제1 내지 제3 회전프리즘(18, 26, 28)의 초기에 세팅된 회전각도가 서로 다름에 따라 적, 녹, 청색광은 디스플레이 소자(52)의 서로 다른 부분에 결상되고, 그들의 구동에 따라 일정한 방향으로 스코어링된다. 이렇게 빠른 속도로 결상위치가 스코어링되면서 입사되는 적, 녹, 청색광에 맞추어 디스플레이 소자(52)는 적, 녹, 청색의 신호를 스코어링한다. 이에 따라, 디스플레이 소자(52)의 각 화소에서 3색광 신호가 순차적으로 구현되고, 구현된 3색광 신호가 시간적으로 적분되어 칼라화상을 표시하게 된다. 디스플레이 소자(52)가 반사형 액정표시소자인 경우 PBS 프리즘(50)에서 입사되는 S편광을 비디오신호에 따라 P편광으로 변환하여 칼라화상을 구현한다. 디스플레이 소자(52)에 구현된 P편광성분의 칼라화상은 PBS 프리즘(50) 및 투사렌즈(도시하지 않음)를 경유하여 스크린에 확대투사된다.

이와 같이 회전프리즘을 이용한 단판식 프로젝터는 3개의 회전프리즘을 이용함에 따라 그 회전프리즘들 간의 시간동기(Synchronization)를 맞추는 문제가 어렵다는 문제점을 가지고 있다. 특히, 처음에는 회전프리즘들 간의 시간동기가 맞았다 하더라도 시스템 구성후 시간이 경과하게 되면 회전프리즘의 구동장치별 편차에 의하여 점점 그 차이가 발생하게 된다. 이렇게, 회전프리즘들 간의 시간동기가 틀려지는 경우 화면상에는 원하는 색의 구현이 불가능해지게 된다. 그리고, 종래의 단판식 프로젝터 조명 광학계는 3개의 회전프리즘과 함께 그들을 구동하는 모터들을 필요로 함과 아울러 색분리를 위한 다수개의 다이크로익 미러들을 구비해야 함에 따라 광학계의 구조가 복잡해지고 그들이 차지하는 공간이 상대적으로 큼에 따라 광학계의 부피가 커지게 됨으로써 소형화 및 박형화하기가 어려운 문제점을 가지고 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명의 목적은 광량 균일화와 색분리 기능을 동시에 수행할 수 있는 광량 균일화와 색분리 겸용 광학소자를 제공하는 것이다.

본 발명의 다른 목적은 상기 광량 균일화 및 색분리 겸용 광학소자를 이용하고 하나의 프리즘을 이용하여 광학계 부피를 감소시킬 수 있는 프로젝터의 조명 광학계를 제공하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명에 따른 광량 균일화 및 색분리 겸용 광학소자는 로드형태를 가지며 입사광을 자신의 내부 경계면에서 반복적으로 전반사되어 진행되게 함으로써 광분포가 균일해지게 함과 동시에 입사광을 파장대역에 따라 색분리하고, 색분리된 광이 중첩되지 않는 서로 다른 경로로 출사되게 한다.

본 발명에 따른 프로젝터의 조명 광학계는 소형 디스플레이 소자에 구현된 화상을 투사렌즈를 이용하여 확대투사하는

프로젝터에서 상기 디스플레이 소자에서 필요로 하는 광을 제공하는 조명 광학계에서 있어서, 광을 발생하여 집속되게 하는 광원과; 로드형태를 가지며 입사광을 자신의 내부 경계면에서 반복적으로 전반사되어 진행되게 함으로써 광분포가 균일해지게 함과 동시에 입사광을 파장대역에 따라 색분리하고, 색분리된 3색광이 중첩되지 않는 서로 다른 경로로 나란하게 출사되게 하는 광량 균일화 및 색분리 겸용 광학소자와; 광량 균일화 및 색분리 겸용 광학소자에서 나란하게 출사되는 3색광의 광경로 크기를 소형 디스플레이 소자와 어스펙트비와 동일하게 축소시키는 아나모픽 광학계와; 아나모픽 광학계로부터의 3색광을 나란한 서로 다른 경로로 굴절시킴과 아울러 3색광의 경로가 스크롤링되어 디스플레이 소자에 결상되게 하는 회전 프리즘을 구비하는 것을 특징으로 한다.

상기 목적 외에 본 발명의 다른 목적 및 특징들은 첨부한 도면을 참조한 실시 예에 대한 설명을 통하여 명백하게 드러나게 될 것이다.

이하, 본 발명의 바람직한 실시 예를 도 2 내지 도 6을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 광량 균일화 및 색분리 겸용 광학소자를 이용한 프로젝터의 조명 광학계 구성을 도시한 것이다.

도 2에 도시된 조명 광학계는 광원(52)과 디스플레이 소자(42) 사이의 광경로 상에 광원(30) 측으로부터 순차적으로 배치된 균일화 및 색분리 로드렌즈(54), 아나모픽(Anamorphic Optical System)(70), 회전프리즘(72), 전부내부반사(Total Internal Reflection; 이하, TIR) 프리즘(76)을 구비하고, 제1 및 제2 릴레이 렌즈(74, 80)를 더 구비한다.

광원(52)은 광을 발생시키는 램프와, 램프에서 발생된 광을 균일화 및 색분리로드렌즈(54) 쪽으로 반사시키는 반사경으로 구성된다. 램프로부터 발생된 광은 반사경에서 반사되어 균일화 및 색분리 로드렌즈(54)의 입사면에 집속된다.

균일화 및 색분리 로드렌즈(54)는 광원(52)의 반사경에 의해 집속되어 입사되는 입사광을 그의 내부에서 여러번 전반사시킴으로써 균일한 광분포를 갖게 함과 아울러 적, 녹, 청색광으로 분리해낸다. 이를 위하여, 균일화 및 색분리 로드렌즈(54)는 로드형으로 상대적으로 긴 길이를 가지며, 그의 내부에 3색광 분리를 위한 제1 및 제2 다이크로익 코팅면(56, 58)과, 그들과 평행하게 설치된 전반사 코팅면(60)을 갖는다. 제1 및 제2 다이크로익 코팅면들(56, 58)과 전반사 코팅면(60)은 로드렌즈(54)의 내부에서 자신에 의해 반사되어 출사되는 광방향이 입사방향인 X축 방향과 직각이 되는 Y축 방향이 되게끔 경사지게 배치된다.

이러한 제1 및 제2 다이크로익 코팅면들(56, 58)과 전반사 코팅면(60)을 로드렌즈(54)에 설치하는 하나의 방법으로는 도 2의 점선으로 도시한 바와 같은 삼각프리즘들(62)을 이용하는 것이다. 예를 들면, 직육면체의 로드렌즈(51)와 동일재질의 5개의 삼각프리즘들(62)을 마련하여 그들 중 2개의 삼각프리즘(62)의 경사면에 다이크로익 코팅으로 제1 및 제2 다이크로익 코팅면(56, 58)을 만들고, 1개의 삼각프리즘(62)의 경사면에는 전반사 코팅으로 전반사 코팅면(60)을 만들게 된다. 이어서, 제1 및 제2 다이크로익 코팅면(56, 58)과 전반사 코팅면(60)이 서로 평행하게 배치되게끔 5개의 삼각프리즘(62)을 부착한 후 직육면체형 로드렌즈(51)에 부착하여 일체화시킴으로써 균일화 및 색분리 로드렌즈(54)를 완성하게 된다.

균일화 및 색분리 로드렌즈(54)는 내부 전반사를 위하여 외부, 즉 공기보다 큰 굴절율($n > 1$)을 가지는 매질로 이루어진다. 그리고, 균일화 및 편광분리 로드렌즈(54)로 입사된 광이 그의 내부에서 진행하여 로드렌즈(54)와 공기의 경계면에 소정의 임계각 이상으로 입사되게 함으로써 그 경계면에서 전반사되게 한다. 이렇게, 균일화 및 색분리 로드렌즈(54)에 입사된 광들은 그의 내부의 경계면에서 반복적으로 전반사되어 제1 다이크로익 코팅면(56)으로 입사된다.

제1 다이크로익 코팅면(56)은 원하는 파장대역, 예를 들면 청색광을 반사시켜 제1 출사면(53)을 통해 외부로 출사되

게 하고 나머지의 적록색광은 제2 다이크로익 코팅면(58) 쪽으로 투과되게 한다. 제2 다이크로익 코팅면(56)은 제1 다이크로익 코팅면(56)을 투과한 적록색광 중 원하는 파장대역, 예를 들면 적색광을 반사시켜 상기 제1 출사면(53)에 인접한 제2 출사면(55)을 통해 외부로 출사되게 하고 나머지 녹색광은 전반사 코팅면(60) 쪽으로 투과되게 한다. 전반사 코팅면(60)은 제2 다이크로익 코팅면(58)을 투과한 녹색광을 상기 제2 출사면(55)에 인접한 제3 출사면(57)을 통해 외부로 출사되게 한다. 이러한 균일화 및 색분리 로드렌즈(54)의 서로 중첩되지 않는 제1 내지 제3 출사면(53, 55, 57)을 통해 균일한 광분포를 가지는 청, 적, 녹색광이 나란하게 출사된다.

제1 내지 제3 출사면(53, 55, 57)에 대응되는 3색광 경로상에는 색순도 향상을 위해 제1 내지 제3 칼라필터(64, 66, 68)가 해당 출사면들과 특정간격을 가지고 추가로 설치된다. 제1 내지 제3 출사면(53, 55, 57)에서 청, 적, 녹색광이 출사되는 경우 청색, 적색, 녹색 칼라필터가 해당 출사면들에 대응되게 설치되어 색순도를 향상시키게 된다.

아나모픽 광학계(70)는 그의 길이방향(Y축 방향)으로의 광폭을 축소시켜 회전프리즘(72)으로 진행되게 한다. 균일화 및 색분리 로드렌즈(54)의 제1 내지 제3 출사면(53, 55, 57)을 통해 출사되는 3색광의 광효율을 높이기 위하여 제1 내지 제3 출사면들(53, 55, 57) 각각과 디스플레이 소자(78)는 동일한 어스펙트비(Aspect Ratio)를 가지게끔 설정된다. 그러나, 균일화 및 색분리 로드렌즈(54)에서 분리되어진 청, 적, 녹색광이 Y축 방향으로 나란하게 진행함에 따라 Y축 방향의 광폭이 상대적으로 증가하게 된다. 이를 방지하기 위하여, 아나모픽 광학계(70)는 Y축 방향의 광폭을 1/3 정도 축소시킴으로써 적, 녹, 청색광이 진행하는 광경로 어스펙트비(Y축 방향 광폭: Z축 방향 광폭)이 디스플레이 소자(78)와 동일해지게 한다. 이러한 아나모픽 광학계(70)는 실린더리컬 렌즈(Cylindrical lens) 등으로 구성된다.

회전프리즘(72)은 아나모픽 광학계(70)를 경유하여 자신의 서로 다른 위치로 중첩없이 입사되는 3색광을 굴절시켜 서로 다른 광경로로 나란하게 출사되게 함과 아울러 도시하지 않은 구동모터에 의해 회전되어 출력되는 3색광이 일정한 방향으로 스코어링되게 한다.

TIR 프리즘(76)은 고분자물질로 이루어져 회전프리즘(74)으로부터 입사되는 3색광을 TIR면(76A)에서 디스플레이 소자(78) 쪽으로 전반사시켜 화상구현에 이용되게 함과 아울러 디스플레이 소자(78)에서 구현된 화상을 도시하지 않은 투사렌즈 쪽으로 투과되게 한다.

디스플레이 소자(78)는 TIR 프리즘(76)에서 반사된 3색광을 이용하여 화상을 구현하게 된다. 이 경우, 회전프리즘(72)을 통해 서로 다른 광경로로 나란하게 입사되는 3색광은 디스플레이 소자(78)에 도 3에 도시된 바와 같은 칼러 스트라이프(Color Stripes) 영역(R, G, B)으로 나란하게 결상된다. 동시에, 회전프리즘(72)의 회전에 따라 칼러 스트라이프 영역(R, G, B)은 도 4에 도시된 바와 같이 t1에서 t3로 시간이 경과할 수록 스코어링된다. 이렇게 스코어링되면서 입사되는 적, 녹, 청색광(R, G, B)에 맞추어 디스플레이 소자(78)에서 적, 녹, 청색의 신호를 표시하는 어드레스라인들(RL, GL, BL)도 스코어링된다. 이에 따라, 디스플레이 소자(78)의 각 화소에서 3색광 신호가 순차적으로 구현되고, 구현된 3색광 신호가 시간적으로 적분되어 칼라화상을 표시하게 된다. 디스플레이 소자(78)가 DMD소자인 경우 TIR 프리즘(76)로부터의 입사광을 마이크로미러들을 이용하여 전기적인 신호량에 따라 반사량을 제어함으로써 화상을 구현한다. 디스플레이 소자(78)에 구현된 칼라화상은 TIR 프리즘(76) 및 투사렌즈(도시하지 않음)를 경유하여 스크린에 확대투사된다. 제1 및 제2 릴레이렌즈(74, 80)는 진행되는 광들의 결상점을 손실없이 릴레이시키는 역할을 한다.

이러한 구성을 가지는 본 발명의 조명 광학계는 광량 균일화와 색분리 기능을 동시에 가지는 균일화 및 색분리 로드렌즈(54)와 하나의 회전프리즘(72)을 이용하여 광학계의 크기를 최대한 줄일 수 있게 된다. 특히, 광원(52)으로부터 도시하지 않은 투사렌즈까지의 광경로가 "C"자 형태를 가지게끔 광학부품들을 배치함에 따라 광학계의 크기는 더욱 줄어 들 수 있게 된다.

도 5는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 광량 균일화 및 색분리 겸용 광학소자를 이용한 프로젝터의 조명 광학계 구성을 도시한 것이다.

도 5에 도시된 조명 광학계는 도 2에 도시된 조명 광학계와 대비하여 균일화 및 색분리 로드렌즈(82)의 구성이 다르고, 그에 따른 광경로 변환수단(86, 88)가 추가적으로 구비된 것과, 광학부품들의 전체적인 배치형태가 다른 것을 제외하고는 동일한 구성요소들을 가지므로 도 2와 중복되는 구성요소들에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.

광원(52)은 램프와 반사경으로 구성되어 램프에서 발생된 광을 균일화 및 색분리 로드렌즈(82)의 입사면에 집속되게 한다.

균일화 및 색분리 로드렌즈(82)는 광원(52)의 포물반사경에 의해 집속되어 입사되는 입사광을 그의 내부에서 여러번 전반사시킴으로써 균일한 광분포를 갖게 함과 아울러 적, 녹, 청색광으로 분리해낸다. 이를 위하여, 균일화 및 색분리 로드렌즈(82)는 로드형으로 상대적으로 긴 길이를 가지며, 그의 내부에 3색광 분리를 위하여 서로 교차하여 설치된 제1 및 제2 다이크로익 코팅면(84A, 84B)을 갖는다. 제1 및 제2 다이크로익 코팅면들(84A, 84B)은 그들 각각에 의해 반사되어 출사되는 광방향이 입사방향인 X축 방향과 직각이 되는 +Y축 방향과 -Y축 방향이 되게 한다. 아울러, 그들을 투과하여 출사되는 광방향은 입사광의 진행방향인 X축 방향과 동일하게 한다.

이러한 제1 및 제2 다이크로익 코팅면들(84A, 84B)을 로드렌즈(54)에 설치하는 하나의 방법으로는 도 3에 도시된 바와 같이 4개의 삼각프리즘이 접합되어 구성된 정육면체프리즘(84)을 이용하는 것이다. 예를 들면, 직육면체의 로드렌즈(58)와 동일재질의 4개의 삼각프리즘들을 마련하여 그들 중 2개의 삼각프리즘 일면에 제1 다이크로익 코팅을 하고 나머지 2개의 삼각프리즘 일면에 제2 다이크로익 코팅을 한 후 제1 및 제2 다이크로익 코팅면(84A, 84B)이 서로 교차하는 구조를 가지게끔 4개의 삼각프리즘을 부착하여 정육면체프리즘(84)을 만든 후 직육면체형 로드렌즈(81)에 부착하여 일체화시킴으로써 균일화 및 색분리 로드렌즈(84)를 완성하게 된다.

균일화 및 색분리 로드렌즈(84)는 내부 전반사를 위하여 외부, 즉 공기보다 큰 굴절율($n > 1$)을 가지는 매질로 이루어진다. 그리고, 균일화 및 편광분리 로드렌즈(54)로 입사된 광이 그의 내부에서 진행하여 로드렌즈(84)와 공기의 경계면에 소정의 임계각 이상으로 입사되게 함으로써 그 경계면에서 전반사되게 한다. 이렇게, 균일화 및 색분리 로드렌즈(84)에 입사된 광들은 그의 내부의 경계면에서 반복적으로 전반사되어 제1 및 제2 다이크로익 코팅면(84A, 84B)으로 입사된다.

제1 다이크로익 코팅면(84A)은 원하는 파장대역, 예를 들면 청색광을 반사시켜 제1 출사면(83)을 통해 외부로 출사되게 한다. 제2 다이크로익 코팅면(84B)은 입사광 중 원하는 파장대역, 예를 들면 적색광을 반사시켜 상기 제1 출사면(83)과 정반대 방향인 제2 출사면(85)을 통해 외부로 출사되게 한다. 이러한 제1 및 제2 다이크로익 코팅면(84A, 84B)을 투과한 녹색광은 입사면과 대향되는 제3 출사면(87)을 통해 외부로 출사된다. 다시 말하여, 균일화 및 색분리 로드렌즈(84)의 제1 내지 제3 출사면(83, 85, 87)이 "C" 형으로 배치되어 균일한 광분포를 가지는 청, 적, 녹색광이 서로 다른 세방향(X축방향, +Y축방향, -Y축방향)으로 중첩없이 출사된다.

제1 및 제2 광경로변환수단(86, 88) 각각은 서로 다른 세방향(X축방향, +Y축방향, -Y축방향)으로 진행되는 청, 녹, 적색광이 나란하게 진행하게끔 제1 출사면(83)으로부터의 청색광과 제3 출사면(87)로부터의 적색광의 진행경로를 변환한다. 이를 위하여, 제1 및 제2 광경로변환수단(86, 88)은 전반사코팅면(86A, 88A)을 경사면으로 가지는 삼각프리즘 형태를 갖는다.

제1 광경로 변환수단(86)은 균일화 및 색분리 로드렌즈(84)의 제1 출사면(83)과 소정의 에어갭을 가지고 설치되어 제1 출사면(83)으로 출사된 청색광을 제1 전반사코팅면(86A)에서 직각반사시켜 제2 출사면(85)으로 출사한 녹색광

과 나란하게 진행되게 한다. 제2 광경로 변환수단(88)는 균일화 및 색분리 로드렌즈(84)의 제3 출사면(87)과 소정의 에어갭을 가지고 설치되어 제3 출사면(87)으로 출사된 적색광을 제2 전반사코팅면(88A)에서 직각반사시켜 제2 출사면(85)으로 출사한 녹색광과 나란하게 진행되게 한다.

전술한 균일화 및 색분리 로드렌즈(82)와 제1 및 제2 광경로변환수단(86, 88)에 의해 균일한 광분포를 가지며 색분리되어 나란하게 진행되는 3색광의 진행경로 상에는 색순도 향상을 위해 제1 내지 제3 칼라필터(94, 96, 98)가 추가로 설치된다. 제1 광경로변환수단(86)의 출사면과, 균일화 및 색분리 로드렌즈(82)의 제2 출사면(85), 제2 광경로변환수단(88)의 출사면 각각에서 청, 적, 녹색광이 출사되는 경우 청색, 적색, 녹색 칼라필터가 해당 출사면들에 대응되게 설치되어 색순도를 향상시키게 된다.

아나모픽 광학계(70)는 그의 길이방향(Y축 방향)으로의 광폭을 축소시켜 적, 녹, 청색광이 진행하는 광경로 어스펙트 비(Y축 방향 광폭: Z축 방향 광폭)가 디스플레이 소자(78)와 동일해지게 한다. 이러한 아나모픽 광학계로는 실린더리컬 렌즈(Cylindrical lens) 등으로 구성된다.

회전프리즘(72)은 아나모픽 광학계(70)를 경유하여 자신의 서로 다른 위치로 중첩없이 입사되는 3색광을 굴절시켜 서로 다른 광경로로 나란하게 출사되게 함과 아울러 도시하지 않은 구동모터에 의해 회전되어 출력되는 3색광이 일정한 방향으로 스크롤링되게 한다.

TIR 프리즘(76)은 고분자물질로 이루어져 회전프리즘(74)으로부터 입사되는 3색광을 TIR면(76A)에서 디스플레이 소자(78) 쪽으로 전반사시켜 화상구현에 이용되게 함과 아울러 디스플레이 소자(78)에서 구현된 화상을 도시하지 않은 투사렌즈 쪽으로 투과되게 한다.

디스플레이 소자(78)는 TIR 프리즘(76)에서 반사된 3색광을 이용하여 화상을 구현하게 된다. 이 경우, 회전프리즘(72)을 통해 서로 다른 광경로로 나란하게 입사되는 3색광은 디스플레이 소자(78)에 도 3에 도시된 바와 같은 칼러 스트라이프(Color Stripes) 영역(R, G, B)으로 나란하게 결상된다. 동시에, 회전프리즘(72)의 회전에 따라 칼러 스트라이프 영역(R, G, B)은 도 4에 도시된 바와 같이 t1에서 t3로 시간이 경과할 수록 스크롤링된다. 이렇게 스크롤링되면서 입사되는 적, 녹, 청색광(R, G, B)에 맞추어 디스플레이 소자(78)는 적, 녹, 청색의 신호를 표시하는 어드레스라인들(RL, GL, BL)도 스크롤링된다. 이에 따라, 디스플레이 소자(78)의 각 화소에서 3색광 신호가 순차적으로 구현되고, 구현된 3색광 신호가 시간적으로 적분되어 칼라화상을 표시하게 된다. 디스플레이 소자(78)가 DMD소자인 경우 TIR 프리즘(76)로부터의 입사광을 마이크로미러들을 이용하여 전기적인 신호량에 따라 반사량을 제어함으로써 화상을 구현한다. 디스플레이 소자(78)에 구현된 칼라화상은 TIR 프리즘(76) 및 투사렌즈(도시하지 않음)를 경유하여 스크린에 확대투사된다. 제1 및 제2 릴레이렌즈(74, 80)는 진행되는 광들의 결상점을 손실없이 릴레이시키는 역할을 한다.

이러한 구성을 가지는 본 발명의 조명 광학계는 광량 균일화와 색분리 기능을 동시에 가지는 균일화 및 색분리 로드렌즈(84)와 하나의 회전프리즘(72)을 이용하여 광학계의 크기를 최대한 줄일 수 있게 된다. 특히, 광원(52)으로부터 도시하지 않은 투사렌즈까지의 광경로가 도 2와는 다르게 "L" 자 형태를 가지게끔 광학부품들이 된다.

도 6은 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 조명 광학계 중 광량 균일화 및 색분리 겸용 광학소자만을 도시한 것으로, 이는 도 5에 도시된 "L" 자형 배치형태에 적용될 수 있다.

도 6에 도시된 균일화 및 색분리 로드렌즈(100)는 광원(52)의 반사경에 의해 집속되어 입사되는 입사광을 그의 내부에서 여러번 전반사시킴으로써 균일한 광분포를 갖게 함과 아울러 적, 녹, 청색광으로 분리해낸다. 이를 위하여, 균일화 및 색분리 로드렌즈(100)는 로드형으로 상대적으로 긴 길이를 가지며, 그의 내부에 색분리를 위한 제1 다이크로익 코팅면(102)이 설치된다. 그리고, 균일화 및 색분리 로드렌즈(100)의 외부에 색분리를 위한 제2 다이크로익 코팅면(10

4)과 광경로변환을 위한 전반사 코팅면(106)이 상기 제1 다이크로익 코팅면(102)과 나란하게 배치된다.

제1 다이크로익 코팅면(102)은 로드렌즈(100)의 내부에 자신에 의해 반사되어 출사되는 광방향인 X축 방향과 직각이 되는 Y축 방향이 되게끔 경사지게 배치된다. 이러한 제1 다이크로익 코팅면(102)을 로드렌즈(54)에 설치하는 하나의 방법으로는 점선으로 표시한 바와 같이 삼각프리즘들(107)들을 이용하는 것이다. 예를 들면, 직육면체의 로드렌즈(101)와 동일재질의 2개의 삼각프리즘들(107)를 마련하여 그들 중 1개의 삼각프리즘(107)의 경사면에 다이크로익 코팅으로 제1 다이크로익 코팅면(102)을 만든다. 이어서, 나머지 하나의 삼각프리즘(107)을 부착한 후 직육면체형 로드렌즈(101)에 부착하여 일체화시킴으로써 균일화 및 색분리 로드렌즈(100)를 완성하게 된다.

균일화 및 색분리 로드렌즈(100)는 내부 전반사를 위하여 외부, 즉 공기보다 큰 굴절율($n > 1$)을 가지는 매질로 이루어진다. 그리고, 균일화 및 편광분리 로드렌즈(100)로 입사된 광이 그의 내부에서 진행하여 로드렌즈(100)와 공기의 경계면에 소정의 임계각 이상으로 입사되게 함으로써 그 경계면에서 전반사되게 한다. 이렇게, 균일화 및 색분리 로드렌즈(100)에 입사된 광들은 그의 내부의 경계면에서 반복적으로 전반사되어 제1 다이크로익 코팅면(102)으로 입사된다.

제1 다이크로익 코팅면(102)은 원하는 파장대역, 예를 들면 녹색광을 투과시켜 입사면과 정반대방향인 제1 출사면(103)을 통해 외부로 출사되게 하고, 나머지의 청색 및 적색광은 반사시켜 입사방향과 직각방향인 제2 출사면(105)을 통해 외부로 출사되게 한다.

제2 다이크로익 코팅면(104)과 전반사 코팅면(106)은 3개의 삼각프리즘(108)을 이용하여 나란하게 배치한다. 이는 3개의 삼각프리즘(108)들 중 2개의 삼각프리즘(108) 경사면 각각에 제2 다이크로익 코팅면(104)과 전반사 코팅면(106)을 형성한 후 그들 코팅면(104, 106)이 나란하게 배치되게끔 삼각프리즘(108)들을 부착함으로써 제조할 수 있다. 그리고, 제2 다이크로익 코팅면(104)과 전반사 코팅면(106)이 형성된 프리즘복합체를 균일화 및 색분리 로드렌즈(100)의 제2 출사면(105)과 소정의 에어갭을 가지게 배치한다.

제2 다이크로익 코팅면(104)은 제2 출사면(105)으로부터의 입사광 중 원하는 파장대역, 예를 들면 적색광을 반사시켜 상기 제1 출사면(103)을 통해 출사되는 녹색광과 나란하게 진행되게 한다. 전반사코팅면(106)은 제2 다이크로익 코팅면(104)을 투과한 청색광을 직각반사시켜 상기 적색광과 나란하게 진행되게 한다.

전술한 균일화 및 색분리 로드렌즈(82)와 제2 다이크로익 코팅면(104) 및 전반사코팅면(106)에 의해 균일한 광분포를 가지며 색분리되어 나란하게 진행되는 3색광의 진행경로 상에는 색순도 향상을 위해 제1 내지 제3 칼라필터(90, 92, 94)가 추가로 설치된다.

이러한 구성을 가지는 균일화 및 색분리 로드렌즈(100)는 광분포 균일화 및 광효율 향상을 달성하면서도 광학계의 부피가 줄어들게 한다.

한편, 전술한 TIR 프리즘 대신 사각 PBS프리즘을 사용하는 경우 디스플레이소자로서 반사형 LCD 패널을 이용할 수 있다.

발명의 효과

상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 광량 균일화 및 편광분리 광학소자는 그 부피가 작으면서도 광량 균일화와 색분리 기능을 동시에 수행할 수 있게 된다. 이에 따라, 본 발명에 따른 단파식 프로젝터의 조명 광학계는 이러한 광량 균일화 및 색분리 광학소자를 이용함과 아울러 하나의 회전프리즘을 이용하여 광분포 균일화 및 광효율 향상을 달성하면서도 중

래의 플라이아이렌즈들과 3개의 회전프리즘을 이용하는 경우보다 광학계의 부피를 최대한 줄일 수 있게 된다. 또한, 본 발명에 따른 단판식 프로젝터의 조명 광학계는 하나의 프리즘만을 이용하여 3색광을 스크롤링함에 따라 3개의 회전프리즘을 이용하는 종래의 조명 광학계와 같이 회전프리즘들간의 시간동기의 이탈로 인한 화상표시품질의 저하를 방지할 수 있게 된다. 결과적으로, 본 발명에 따른 프로젝터의 조명 광학계를 이용하는 경우 프로젝터의 소형화 및 경량화를 달성할 수 있을 뿐만 아니라 화상표시품질을 향상시킬 수 있게 된다.

이상 설명한 내용을 통해 당업자라면 본 발명의 기술사상을 일탈하지 아니하는 범위에서 다양한 변경 및 수정이 가능함을 알 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명의 기술적 범위는 명세서의 상세한 설명에 기재된 내용으로 한정되는 것이 아니라 특허 청구의 범위에 의해 정하여져야만 할 것이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

로드형태를 가지며 입사광을 자신의 내부 경계면에서 반복적으로 전반사되어 진행되게 함으로써 광분포가 균일해지게 함과 동시에 입사광을 파장대역에 따라 색분리하고, 색분리된 광이 중첩되지 않는 서로 다른 경로로 출사되게 하는 것을 특징으로 하는 광량 균일화 및 색분리 겸용 광학소자.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 광량 균일화 및 색분리 겸용 광학소자는

그의 내부에 경사지면서 나란하게 형성된 제1 및 제2 색분리면과 전반사면을 구비하고,

상기 제1 색분리면은 제1 파장대역의 광을, 상기 제2 색분리면은 제2 파장대역의 광을 반사시키고, 상기 전반사면은 상기 제2 색분리면에서 투과된 제3 파장대역의 광을 반사시켜 상기 제1 내지 제3 파장대역의 광이 서로 중첩되지 않으면서 나란하게 출사되게 하는 것을 특징으로 하는 광량 균일화 및 색분리 겸용 광학소자.

청구항 3.

제 1 항에 있어서,

상기 광량 균일화 및 색분리 겸용 광학소자는

그의 내부에 경사지면서 서로 교차하게 형성된 제1 및 제2 색분리면을 구비하고,

상기 제1 색분리면은 제1 파장대역의 광을, 상기 제2 색분리면은 제2 파장대역의 광을 반사시켜 외부로 출사되게 하고, 상기 제1 및 제2 색분리면을 투과한 제3 파장대역의 광은 그대로 외부로 출사되는 것을 특징으로 하는 광량 균일화 및 색분리 겸용 광학소자.

청구항 4.

제 1 항에 있어서,

상기 광량 균일화 및 색분리 겸용 광학소자는

그의 내부에 경사지게 형성되어 제1 파장대역의 광을 투과시켜 그대로 제1 출사면을 통해 출사되게 하며, 나머지 파장대역의 광을 반사시켜 제2 출사면을 통해 외부로 출사되게 하는 제1 색분리면을 구비하고.

상기 제2 출사면에 특정 에어갭을 가지고 설치되어 상기 나머지 파장대역의 광 중 제2 파장대역의 광은 반사시키는 제2 색분리면을 추가로 구비하는 것을 특징으로 하는 광량 균일화 및 색분리 겸용 광학소자.

청구항 5.

소형 디스플레이 소자에 구현된 화상을 투사렌즈를 이용하여 확대투사하는 프로젝터에서 상기 디스플레이 소자에서 필요로 하는 광을 제공하는 조명 광학계에서 있어서,

광을 발생하여 집속되게 하는 광원과;

로드형태를 가지며 입사광을 자신의 내부 경계면에서 반복적으로 전반사되어 진행되게 함으로써 광분포가 균일해지게 함과 동시에 입사광을 파장대역에 따라 색분리하고, 색분리된 3색광이 중첩되지 않는 서로 다른 경로로 나란하게 출사되게 하는 광량 균일화 및 색분리 겸용 광학소자와;

상기 광량 균일화 및 색분리 겸용 광학소자에서 나란하게 출사되는 3색광의 광경로 크기를 상기 소형 디스플레이 소자와 어스펙트비와 동일하게 축소시키는 아나모틱 광학계와;

상기 아나모틱 광학계로부터의 3색광을 나란한 서로 다른 경로로 굴절시킴과 아울러 3색광의 경로가 스크롤링되어 상기 디스플레이 소자에 결상되게 하는 회전 프리즘을 구비하는 것을 특징으로 하는 프로젝터의 조명 광학계.

청구항 6.

제 5 항에 있어서,

상기 광량 균일화 및 색분리 겸용 광학소자는

그의 내부에 경사지면서 나란하게 형성된 제1 및 제2 색분리면과 전반사면을 구비하고,

상기 제1 색분리면은 제1 파장대역의 광을, 상기 제2 색분리면은 제2 파장대역의 광을 반사시키고, 상기 전반사면은 상기 제2 색분리면에서 투과된 제3 파장대역의 광을 반사시켜 상기 제1 내지 제3 파장대역의 광이 서로 중첩되지 않으면서 나란하게 출사되게 하는 것을 특징으로 하는 프로젝터의 조명 광학계.

청구항 7.

제 5 항에 있어서,

상기 광량 균일화 및 색분리 겸용 광학소자는

그의 내부에 경사지면서 서로 교차하게 형성된 제1 및 제2 색분리면을 구비하여, 상기 제1 색분리면은 제1 파장대역의 광을 반사시켜 제1 출사면을 통해 외부로 출사되게 하고, 상기 제2 색분리면은 제2 파장대역의 광을 반사시켜 제2 출사면을 통해 외부로 출사되게 하고, 상기 제1 및 제2 색분리면을 투과한 제3 파장대역의 광은 그대로 제3 출사면을 통해 외부로 출사되게 하고,

상기 제1 및 제3 출사면에 특정 에어갭을 두고 각각 설치되어 상기 제1 및 제3 파장대역의 광이 상기 제2 파장대역의 광과 중첩없이 나란하게 진행하게끔 광경로를 변환하는 제1 및 제2 광경로변환수단을 추가로 구비하는 것을 특징으로 하는 프로젝터의 조명 광학계.

청구항 8.

제 5 항에 있어서,

상기 광량 균일화 및 색분리 겸용 광학소자는

그의 내부에 경사지게 형성되어 제1 파장대역의 광을 투과시켜 그대로 제1 출사면을 통해 출사되게 하며, 나머지 파장대역의 광을 반사시켜 제2 출사면을 통해 외부로 출사되게 하는 제1 색분리면을 구비하고.

상기 제2 출사면에 특정 에어캡을 가지고 설치되어 상기 나머지 파장대역의 광 중 제2 파장대역의 광은 반사시켜 상기 제1 파장대역의 광과 중첩없이 나란하게 진행되게 하고, 제3 파장대역의 광은 투과시키는 제2 색분리면과;

상기 제2 색분리면을 투과한 제3 파장대역의 광을 상기 제2 파장대역의 광과 중첩없이 나란하게 진행되게 하는 전반사면을 추가로 구비하는 것을 특징으로 하는 프로젝터의 조명 광학계.

청구항 9.

제 5 항에 있어서,

상기 광량 균일화 및 색분리 겸용 광학소자에서 나란하게 출사되는 3색광 경로상에 색순도를 높이기 위해 형성된 칼라 필터들을 추가로 구비하는 것을 특징으로 하는 프로젝터의 조명 광학계.

청구항 10.

제 5 항에 있어서,

상기 회전프리즘으로부터의 입사광을 상기 디스플레이 소자 쪽으로 내부 전반사시키고 상기 디스플레이 소자에서 구현된 화상을 투과시키는 전체내부반사 프리즘을 더 구비하고,

상기 디스플레이 소자는 디지털마이크로미러 디스플레이 소자인 것을 특징으로 하는 프로젝터의 조명 광학계.

청구항 11.

제 5 항에 있어서,

상기 회전프리즘으로부터의 입사광을 상기 디스플레이 소자 쪽으로 진행되게 하는 사각프리즘을 더 구비하고,

상기 디스플레이 소자는 반사형 액정디스플레이 소자인 것을 특징으로 하는 프로젝터의 조명 광학계.

청구항 12.

제 6 항에 있어서,

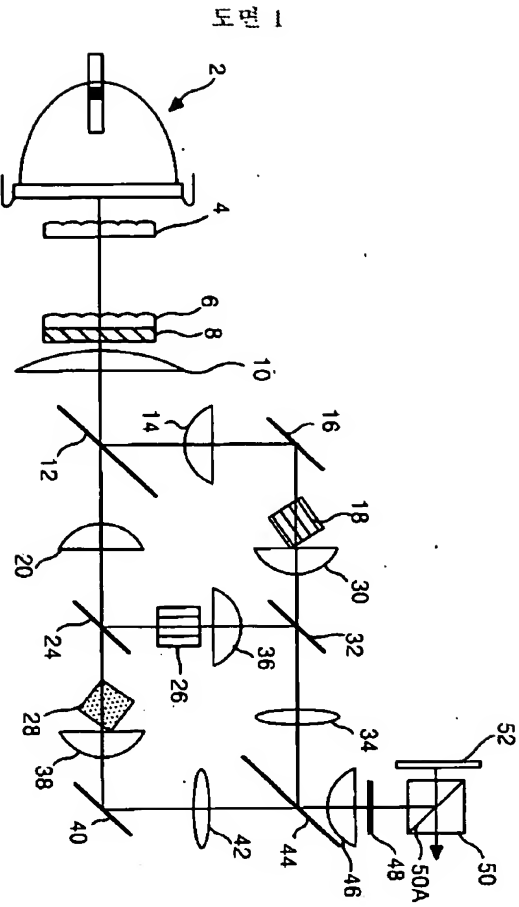
상기 광원에서부터 상기 투사렌즈까지의 광경로가 "C" 자 형태가 되게 상기 광학소자들이 배치된 것을 특징으로 하는 프로젝터의 조명 광학계.

청구항 13.

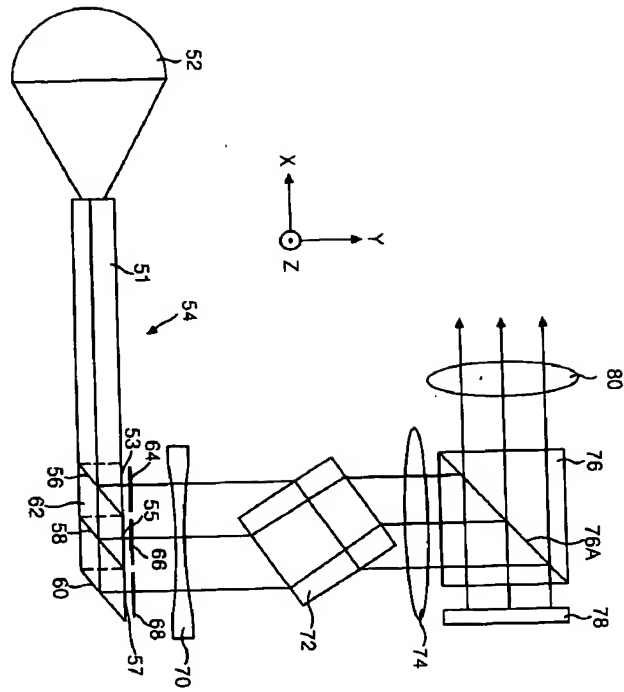
제 7 및 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광원에서부터 상기 투사렌즈까지의 광경로가 "L" 자 형태가 되게 상기 광학소자들이 배치된 것을 특징으로 하는 프로젝터의 조명 광학계.

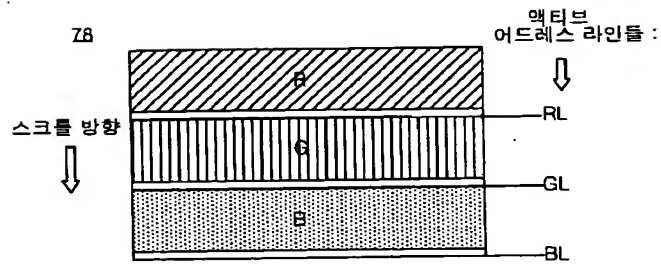
도면



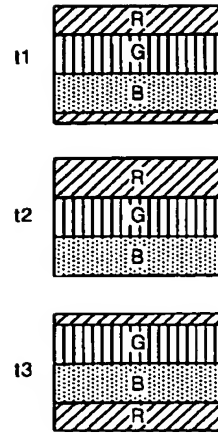
도면 2



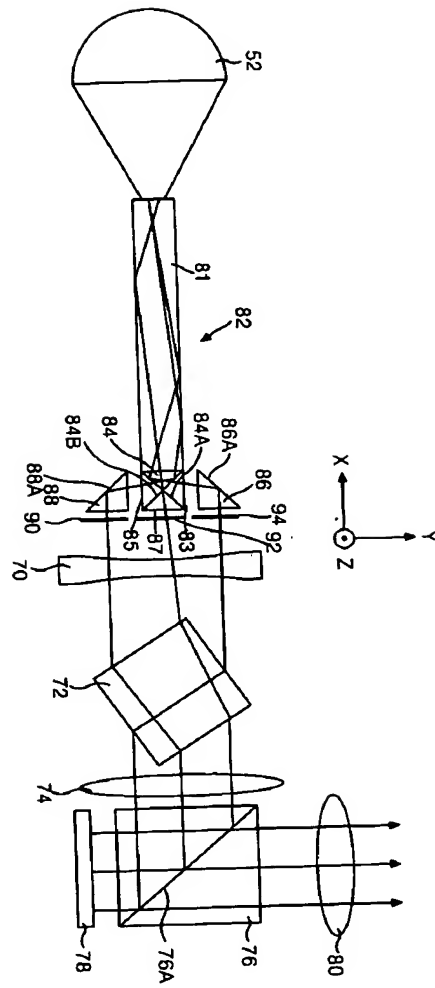
도면 3



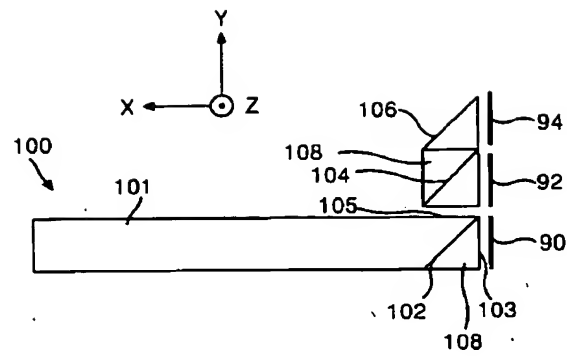
도면 4



도면 5



도면 6



THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)